

Более важным внешним признаком, характерным для высоких температур обжига лисаковского гравитационно-магнитного концентрата является трещинообразование, приводящее во многих случаях к расколу оолитов на мелкие части. При 400 °С на частицах концентрата трещины не образуются, а поверхностный слой имеет пористую структуру, что вызвано выделением большого количества низкотемпературной гидратной влаги. При 800 °С на частицах образуются мелкие неглубокие трещины, которые с дальнейшим повышением температуры становятся более крупными. Образование трещин при температурах обжига более 800 °С обусловлено выделением высокотемпературной гидратной влаги из частиц в процессе разложения гидратного фосфорсодержащего компонента [3]. Так как при повышенных температурах происходит уплотнение частиц, то уплотненная поверхность разрушается под давлением водяных паров.

Спекообразование железорудного концентрата наблюдается лишь при температурах выше 1000 °С, частицы слипаются между собой, образуя грозди, слой становится плотным. Поверхность оолитов местами вспучивается в виде небольших полусфер, что является отличительной чертой спекшегося концентрата.

Список использованных источников

1. Naydyonov V.A. Experience of operation of Lisakovsk deposit of brown Iron Ore: International Seminar on Vision Mineral Development 2005. Bhubaneswar. India. P. 83–87.
2. Карелин В.Г., Резвов Г.А., Кузовникова Е.А. Кинетические особенности дегидратации лисаковского концентрата в кипящем слое. *Металлургическая теплотехника*. 1975. № 4. С. 153–156.
3. Епишин А.Ю., Зайнуллин Л.А., Карелин В.Г. Исследование обжига лисаковского железорудного концентрата для определения температуры разложения гидратного фосфорсодержащего минерала // *Материалы 10-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и специалистов «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России»*. Магнитогорск: МГТУ, 2009. С. 144–147.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ЦЕЛЯХ ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ КУЗБАССА

Зоря И.В., Оленников А.А., Чапаев Д.Б.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия*

Актуальным на сегодняшний день является уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее полного и рационального использования во всех сферах деятельности. Решение вопросов использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) является одним из главных приоритетов научно-технического поиска в разработке и внедрении современных энергосберегающих технологий. Известно, что потенциал энергосбережения в России достигает примерно 40 ÷ 45 % от потребляемых энергоресурсов.

На кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Сибирского государственного индустриального университета активно выполняются исследования в области энергосбережения и использования вторичных энергетических ресурсов. Последние работы кафедры ТГСВ в этой области:

- 1) разработка методов утилизации ВЭР отжиговых печей стекольного производства;
- 2) разработка методов утилизации ВЭР энергоблоков для нужд теплоснабжения сооружений энергокомплексов на предприятиях угольной промышленности;
- 3) разработка методов по использованию ВЭР металлургических агрегатов для нужд электро- и теплоснабжения [1; 2];

Остановимся на последней работе. Исследование выполняется по заданию ОАО «Сибирский Сантехпроект», г. Новокузнецк. В рамках этой работы использование энергии отходящих газов металлургических агрегатов в целях отопления и вентиляции производственных помещений, разработана схема системы отопления с утилизацией теплоты отходящих газов.

В настоящее время для отопления производственных зданий существуют следующие схемы: приготовленная товарная вода в котельных агрегатах через теплообменник подогревает вторичный теплоноситель, который проходя через систему труб, поступает в индивидуальный тепловой пункт здания, где происходит распределение теплоносителя по теплоиспользующим установкам; в котельной дымовые газы из топок котлов по газоходу поступают в воздухонагревательные установки (ВНУ). В ВНУ дымовые газы отдают часть теплоты наружному воздуху, нагревая его от расчетной температуры от 39 до 300 °С. После ВНУ дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу, а подогретый воздух поступает на отопление производственных помещений.

Авторами предлагается один из способов утилизации тепловой энергии отходящих газов металлургических агрегатов в целях теплоснабжения производственных помещений. Для чего в газоходу устанавливается теплоутилизатор (рекуператор), по трубкам которого течет теплоноситель системы теплоснабжения отопительных агрегатов – вода, нагреваемая в теплоутилизаторе от 70 до 95 °С (расчетные условия).

Принципиальное значение имеет место установки теплоутилизатора системы воздушного отопления в газовом тракте. При решении этого вопроса необходимо учитывать температуры отходящих газов после теплоутилизатора и после ВНУ. При установке теплоутилизатора между металлургическим агрегатом и ВНУ в зависимости от расхода теплоносителя системы теплоснабжения отопительных агрегатов и расхода отходящих газов возможно снижение температуры последних на выходе из теплоутилизатора до значения, достаточного для конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях ВНУ, что недопустимо. При установке теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой возможен аналогичный процесс в теплоутилизаторе.

При возникновении угрозы образования конденсата, приемлемой, на наш взгляд, является схема, в которой теплоутилизатор установлен параллельно ВНУ. При этом опасности конденсации паров в следующем по ходу движения отходящих газов теплообменном аппарате не возникает.

При схеме установки теплоутилизатора в газоходе перед ВНУ, либо параллельно ВНУ необходим расчет обоих теплообменников, так как при установке теплоутилизатора перед ВНУ уменьшается расчетная температура дымовых газов на входе в воздухонагреватель, а при параллельной установке снижается расчетный расход дымовых газов в ВНУ.

Конструктивные характеристики теплоутилизатора системы отопления определяются исходя из площади поверхности нагрева, m^2 , по известной формуле

$$F = \frac{Q}{K \Delta t}, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, участвующей в теплообмене; K – коэффициент теплопередачи; Δt – температурный напор.

Значение Q , равное тепловой мощности системы отопления, забирающей теплоту отходящих газов, определяется по уравнению теплового баланса теплоутилизатора

$$Q = \varphi (I_p' - I_p'' + \Delta \alpha_p I_B), \quad (2)$$

где φ – коэффициент сохранения теплоты, зависящий от теплотерь энергоутилизатора в окружающую среду; I_p' , I_p'' – энтальпии дымовых газов на входе в теплоутилизатор и на выходе из него, соответственно; I_B – энтальпия присасываемого в теплоутилизатор воздуха; $\Delta \alpha_p$ – присос воздуха в теплоутилизатор. Присосы воздуха учитываются, только если теплоутилизатор находится на всасывающей стороне дымососа.

Из этого уравнения можно найти энтальпию и температуру дымовых газов на выходе из теплоутилизатора, в случае, если он установлен в газоходе между котлоагрегатом и ВНУ.

В случае установки теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой, либо при параллельной установке температуру дымовых газов после него можно принять равной расчетной температуре уходящих газов.

Значение K теплоутилизатора можно определить, пользуясь нормативной литературой (Нормативным методом теплового расчета котельных агрегатов, разработанным ЦКТИ им. И.И. Ползунова и ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского). Тогда для шахматных и коридорных пучков стальных труб значение K рассчитывается по формуле

$$K = \psi \xi (\alpha_k + \alpha_l), \quad (3)$$

где ψ – коэффициент тепловой эффективности, зависящий от вида топлива, сжигаемого в металлургическом агрегате; ξ – коэффициент использования, учитывающий уменьшение тепловосприятости поверхности нагрева вследствие неравномерного омывания ее дымовыми газами, частичного протекания дымовых газов мимо нее и образования застойных зон; α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией от дымовых газов к поверхности нагрева; α_l – коэффициент теплоотдачи, учитывающий передачу теплоты излучением в конвективных поверхностях нагрева.

Температурный напор Δt , °С, определяется для прямотока, перекрестного тока с числом ходов более четырех как среднелогарифмическая разность температур

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}, \quad (4)$$

где Δt_6 и Δt_m – соответственно большая и меньшая разности температуры отходящих газов и температуры нагреваемой жидкости в теплоутилизаторе, °С.

Наибольшую трудность в расчете теплоутилизатора представляет собой определение коэффициентов теплоотдачи конвекцией α_k и излучением α_l . Коэффициент α_k зависит от скорости отходящих газов в теплоутилизаторе и направления их движения (продольное, поперечное омывание пучка), вида пучка труб (коридорный, шахматный) и их диаметра, от числа рядов труб по ходу отходящих газов, расстояния между трубами, геометрии поверхности труб (гладкая, рифленая и т.д.). Коэффициент α_l зависит от температуры отходящих газов, их запыленности и степени черноты, степени загрязнения стенок труб. Эти коэффициенты можно определить либо непосредственно экспериментальным путем, либо пользуясь эмпирическими зависимостями, приведенными в специальной литературе.

Результатом работы по решению задачи утилизации теплоты отходящих газов для воздушного отопления производственных помещений является разработка конкретных проектных решений для действующих металлургических агрегатов в Кузбассе. Использование тепловой энергии отходящих газов металлургических агрегатов для отопления производственных помещений позволит сэкономить около 30 % топлива за отопительный период.

Список использованных источников

1. Оленников А.А., Цымбал В.П. Программный комплекс для моделирования вариантов утилизации энергии от агрегата типа СЭР // Системы управления и информационные технологии. 2009. Вып. 2.2 (36). С. 277–280.
2. Оленников А.А., Цымбал В.П. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления // Изв. вузов. Черная металлургия. 2008. № 6. С. 43–51.